

古深 3 井非目的层井段气体钻井设计与实践

孙 莉, 李瑞营, 孙义春

(大庆钻探工程公司钻井工程技术研究院, 黑龙江 大庆 163413)

摘要:古深 3 井是部署在松辽盆地西部断陷区古龙断陷敖南凹陷的一口风险预探井, 目的层为营城组, 在 3180 ~ 4460 m 非目的层井段实施气体钻井, 层位为泉一段 ~ 登一段, 总进尺 1208.72 m。通过地层出水预测, 结合气体钻井的特点, 对井身结构设计、钻具组合设计、钻头及参数优选以及注气排量设计等进行了优化设计, 同时优化钻井工艺, 采用气液转换, 机械钻速达 6.36 m/h, 比邻井古深 1 井同层位常规钻井平均机械钻速 1.40 m/h 提高了 4.54 倍, 缩短了钻进周期 43.56 天, 提速效果明显。同时创造了气体钻井单只钻头进尺 674.87 m 和单只钻头使用时间 101.88 h 的新纪录。

关键词:气体钻井; 优化设计; 地层出水预测; 气液转换; 大庆油田; 古深 3 井

中图分类号: TE242 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2013)06-0053-04

Design and Practice of Gas Drilling in Non-target Zone Section of Well Gushen -3/SUN Li, LI Rui-ying, SUN Yi-chun (Drilling Engineering Technology Research Institute of Daqing Drilling & Exploration Engineering Corporation, Daqing Heilongjiang 163413, China)

Abstract: Well Gushen -3 is a risk wildcat well in Gulong faulted zone of the rift area in the western part of Songliao basin, the target layer is Yingcheng group. The gas drilling was used in the non-target zone section of 3180 ~ 4460 m, that was Quantou formation ~ Denglouku formation, the total footage was 1208.72 m. By the effluent prediction and according to the features of gas drilling, optimizations were made to well structure design, BHA design, bits and parameters as well as gas injection rate; drilling by gas-liquid conversion, the mechanical drilling speed reached 6.36 m/h, which was 4.54 times increasing than the adjacent well Gushen 1 (average ROP of 1.40 m/h); and the drilling cycle was shortened 43.56 days. The new records of gas drilling were created that footage and service life reached 674.87 m and 101.88 h with a single bit.

Key words: gas drilling; formation effluent prediction; optimal design; gas-liquid conversion; Daqing oilfield; well Gushen -3

大庆油田从 2005 年开始进行空气钻井科研攻关和现场试验研究, 现场试验表明: 徐深区块、古龙区块、莺山区块在泉一段至登娄库组含水量较少, 地层相对稳定, 采用气体钻井能够大幅度提高机械钻速, 保护油气层、降低钻井综合成本。为此在古深 3 井钻井设计前充分对邻井泉头组及登娄库组地层的电阻率、岩石密度、泥质含量、孔隙度、渗透率等参数进行分析, 进行了地层出水预测和气体钻井井段风险评估, 同时, 兼顾目的层营城组顶界深度, 在 3180 ~ 4460 m 非目的层段开展了气体钻井施工, 机械钻速较邻井显著提高, 现场实践效果良好。

1 古深 3 井基本情况及难点分析

1.1 基本情况

古深 3 井是部署在松辽盆地西部断陷区古龙断陷敖南凹陷的一口风险预探井, 钻井目的是了解古

龙断陷敖南凹陷深层生储盖层发育情况及含气情况, 目的层为营城组。设计井深 4920.00 m, 实钻井深 4920.00 m, 三开井段 3180 ~ 4460 m 进行气体钻进, 层位为泉一段 ~ 登一段。

1.2 难点分析

(1) 深层岩石硬度大。岩石可钻性最高达 10.38 级, 硬度高达 5000 MPa, 岩性不均匀。

(2) 井底温度高。平均地温梯度 4.49 °C/100 m。高温高压对钻井液性能影响较大, 根据实钻资料预测, 本井井底温度预计达 220 °C。

(3) 地层出水问题。三开上部采取气体钻井, 地层出水可能造成井眼清洁问题和井壁稳定问题, 会导致裸眼的泥、页岩水化膨胀, 造成井眼缩径或岩石内应力发生变化, 造成井壁失稳; 岩屑水化后很容易形成泥饼环, 堵塞环空通道。

(4) 风险探井可参考资料较少。营城组火山岩

收稿日期: 2013-02-16

作者简介: 孙莉(1986-), 女(汉族), 黑龙江大庆人, 大庆钻探工程公司钻井工程技术研究院, 机械设计制造及其自动化专业, 从事钻井设计相关工作, 黑龙江省大庆市红岗区八百垅, sunl_zy@cnpc.com.cn。

内部可能有断层发育,易发生井斜,同时该段脆性火山岩因破碎易落碎块,疏松的凝灰质岩遇水易膨胀,要注意防卡钻。

2 气体钻井优化设计

利用实钻资料分析方法,结合本井施工中存在的难点,重点对古深3井邻井的井身结构设计、钻头选型情况以及气体钻井在该地区的应用情况进行了分析。根据邻井古深1井和古深2井的测、录井资料对古深3井进行了地层出水预测。结合气体钻井的特点对本井井身结构设计、钻具组合设计、钻头及参数优选以及注气排量设计进行了优化设计,确保了现场施工顺利。

2.1 地层出水预测

大庆油田地层出水问题,一直影响着气体钻井的速度、质量及成本,从而在一定程度上抑制了气体钻井这项技术的优势,因此为了解决气体钻井地层出水识别问题,本井在设计前,以邻井测井资料、地质资料及流体力学理论、渗流力学原理为基础,采用理论研究、统计分析和现场数据相结合的研究方法,建立了利用电阻率、岩石密度、泥质含量、孔隙度等“八参数”结合地层岩性特征、粘土矿物含量、裂缝发育预测地层出水的计算模型:

$$Q = 541.86Kh(P_k - P_c) / [\mu_n(R_k/r_c)]$$

式中: Q ——出水量, m^3/d ; K ——渗透率, μm^2 ; h ——水层厚度, m ; P_k ——供给边缘压力, MPa ; P_c ——井底流动压力, MPa ; R_k ——供给边缘半径, m ; r_c ——井眼半径, m ; μ ——液体粘度, $mPa \cdot s$ 。

根据古深3井井位设计书,本井登娄库组四段与邻井古深1、古深2地震反射特征具有相似性,都是连续中振幅低频反射特征,而且可以追踪对比,预测具有相似的岩性组合,砂砾岩储层发育。从位置图和气藏剖面图来看,该井邻井古深1井和古深2井的地质特征对本井也具有较好的参考价值。因此本井气体钻井采用古深1井和古深2井进行地层出水预测。

依据邻井古深1井和古深2井的地质基础资料、钻井工程资料、岩心分析数据、录井、测井及试油生产测试等实钻资料,对本井的地质构造特性、岩石粘土矿物组成、储层物性特征、压力特征等进行了全面统计分析和地层出水预测,数据结果显示古深3井钻遇古深1井渗透率、孔隙度较大的180号干层,出水量较大,达到 $3.22 m^3/h$,其他地层出水量较小,如表1所示。

表1 依据古深1井进行的气体钻井条件下地层出水预测结果

层位	K1d3
古深1井井段/m	3326.0 ~ 3337.2
厚度/m	11.2
PORE/%	8.0
$K/ \times 10^{-3} mm^2$	0.48
测井解释结果	干层
预测古深3井对应井段/m	3489.6 ~ 3532.1
预测出水量/ $(m^3 \cdot h^{-1})$	3.22

2.2 井身结构优化设计

井身结构设计的主要任务是确定套管的下入层次、下入深度、套管与钻头尺寸配合等内容。本井三开采用气体钻井,其成功实施的前提必须具备井壁稳定、地层少含水或不含水、气层清楚等条件。因此本井井身结构优化设计的主要思路是在传统的井身结构的基础上,尽量减少油层一级封固长度,降低固井时的井漏风险。为此应将技术套管尽量深下,形成以技术套管设计为中心,向上向下延伸的3层井身结构优化系列,既要保证技术套管有一定的强度和较大的尺寸,还要充分封隔复杂地层,为顺利钻达目的层提供保证。

依据古深1井和古深2井综合解释结果分析预测,本井三开气体钻井井段地层出水量不大,相对来说,地质条件比较适合气体钻井施工。

(1) 技术套管下深确定依据:技术套管下深是根据本井的设计井深、地层分层以及地层出水预测数据,重点从提高钻井速度、缩短钻井周期、井筒质量和固井施工的安全考虑,技术套管的下至深度选择在登四段。

(2) 气体钻井井段的确定:依据地层出水预测结果,登娄库组水层分布少,且孔隙度、渗透率相对较小,本井进行气体钻井出水风险较小,因此设计气体钻进井段为3180~4460 m。

2.3 钻具组合优化设计

方接头满眼钻具组合: $\varnothing 215.9 mm$ 钻头 + $\varnothing 210 mm$ 方接头 + $\varnothing 178 mm$ 钻铤1根 + $\varnothing 210 mm$ 方接头 + $\varnothing 178 mm$ 钻铤1根 + $\varnothing 210 mm$ 方接头 + $\varnothing 178 mm$ 钻铤2根 + $\varnothing 165 mm$ 钻铤6根 + $\varnothing 159 mm$ 钻铤9根 + $\varnothing 127 mm$ 加重钻杆9根 + $\varnothing 127 mm$ 18° 斜坡钻杆。

2.4 钻头及参数优选设计

2.4.1 钻井参数设计

本井设计钻压40~60 kN,转速40~60 r/min;注气排量120~160 m^3/min 。

2.4.2 钻头设计

为了降低试验风险和减少成本,依据邻井钻头使用情况和地层特性选择具有一定现场经验的牙轮钻头。由于 A617HDC 空气牙轮钻头在喷嘴、保径、切削齿 3 个方面进行了改进,因此本井设计使用

A617HDC 空气牙轮钻头,配备 HJT617 系列钻头。

2.5 注气排量优化设计

根据钻井基础数据,利用气体设计软件进行计算,得到注气排量优化设计参数,见表 2。

表 2 注气排量优化设计表

出水量预测 /($m^3 \cdot h^{-1}$)	井深 /m	钻井介质	机械钻速 /($m \cdot h^{-1}$)	注气排量 /($m^3 \cdot min^{-1}$)	注入压力 /MPa	井底压力 /MPa	岩屑节点返速 /($m \cdot s^{-1}$)
<3	3180 ~ 4460	空气	8	120	1.53 ~ 1.73	0.79 ~ 1.27	7.03 ~ 5.66
				160	2.00 ~ 2.25	1.02 ~ 1.66	8.38 ~ 6.76
3 ~ 5	3180 ~ 4460	空气	7	120	1.99 ~ 2.39	1.96 ~ 2.94	3.07 ~ 1.42
				160	2.43 ~ 2.86	2.22 ~ 3.33	3.88 ~ 2.38

3 三开气体钻井施工情况

3.1 气举和干燥井眼

本井技术套管设计较深,把井内水替出,按常规需进行 2 次气举才能完成。通过论证,采用加大注液量至 $0.8 m^3/min$ 以气携水,直至压力降低,才逐渐降排量,达到了一次气举成功,减少了起下钻时间和劳动强度。气举注压、注液排量、注气量随时间变化见图 1。

干燥井眼过程中,观察口返出干燥气体后,钻水泥塞,继续循环干燥井眼,整个干燥过程历时 20.25 h。

3.2 气体钻进情况

古深 3 井气体钻进参数见表 3。

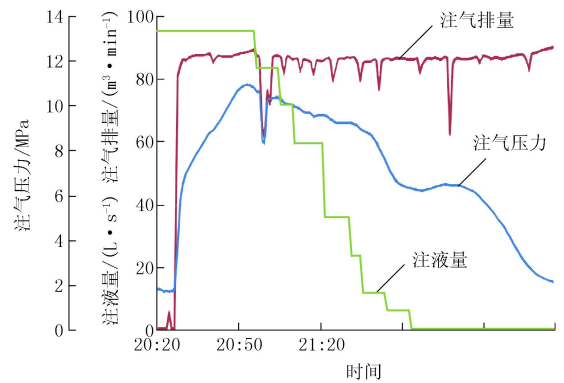


图 1 气举注压、注液排量、注气量随时间变化曲线

3.2.1 第 1 趟钻

施工井段 3180 ~ 3854.87 m,层位登四段 ~ 登三段,进尺 674.87 m,总钻时间为 101.88 h,平均机

表 3 古深 3 井气体钻进参数

地质层位	井段 /m	进尺 /m	纯钻时 间/h	机械钻速 /($m \cdot h^{-1}$)	钻压 /kN	转速 /($r \cdot min^{-1}$)	注气压力 /MPa	扭矩 /($kN \cdot m$)	注气量 /($m^3 \cdot min^{-1}$)	
第一趟钻	登一段 ~ 登三段	3180 ~ 3854.87	674.87	101.88	6.62	20 ~ 60	55	2.07 ~ 3.4	10 ~ 12	120 ~ 160
第二趟钻	登三段 ~ 登二段	3854.87 ~ 4388.72	533.85	88.24	6.05	40 ~ 70	55	3.1 ~ 3.4	15 ~ 19	160

械钻速 6.62 m/h。本趟钻采用 3 台空压机、2 台增压机注气,钻压 20 kN、转速 55 r/min、注气量 $120 m^3/min$ 、注气压力为 2.71 MPa。待方接头出套管后加压至 30 ~ 60 kN 钻进,转速 55 r/min、注气量 $120 \sim 160 m^3/min$,钻进每个立柱前 3 m 和后 3 m 注气量 $160 m^3/min$,其余使用 $120 m^3/min$,注气压力为 1.90 ~ 2.95 MPa。

3.2.2 第 2 趟钻

施工井段 3854.87 ~ 4388.72 m,层位登二段 ~ 登一段,进尺 533.85 m,总钻时间为 88.24 h,平均机械钻速 6.05 m/h。本趟钻采用 4 台空压机、2 台增压机注气,钻压 40 ~ 70 kN、转速 55 r/min、注气量 $160 m^3/min$ 、注气压力为 3.4 MPa,下钻至 3510 m 出现一次地层出水,经及时处理恢复钻进。

3.3 气液转换

气体钻井完成后,大气量充分循环至无岩屑返出,同时向井内注白油与空气 10 min,气体循环 10 min,起钻至技术套管,从压井管汇向环空注入 $7 m^3$ 白油,然后注入钻井液循环处理,再以 $1 m^3/min$ 排量通过立管向井内注满钻井液。

3.4 地层出水处理

本井气体钻井实施过程中,出现了一次地层出水,与设计中预测的古深 1 井第 180 号干层基本相符。三开下钻到 3510 m 遇阻,进行注气循环,气体返出稳定在 1.98 MPa 后,发现有水返出。注气量增加到 $120 m^3/min$,注气返出,压力稳定在 2.6 MPa。然后以 30 r/min 进行划眼,扭矩不稳定 6 ~ 7 kN·m,上提有挂卡现象 100 kN,有少量粉尘返出(无水

返出)。继续下钻至 3790 m 卡钻,接顶驱能正常循环,采取上下活动和转动处理,解卡成功,划眼到底恢复钻进。

3.5 时效分析

该井气体钻井历时 11.44 天顺利完成,生产时间率 96.02%,非生产时间率 3.98%,总进尺 1208.72 m,机械钻速达 6.36 m/h,比邻井古深 1 同层位常规钻井平均机械钻速 1.40 m/h 提高了 4.54 倍,缩短钻进周期 43.56 天,另外,采用 120~160 m³/min 注气量变参数施工,解决了少量出水问题,同时提高了破岩效率,创造了气体钻井单只钻头进尺 674.87 m 的好成绩和单只钻头使用时间 101.88 h 的新纪录。

4 结语

(1)通过地层出水预测以及气层定界来优化技术套管下深和气体钻井井段是保证气体钻井成功实施的前提。

(2)气体钻井优化设计技术,有效地指导了古深 3 井气体钻井施工,提速提效效果显著。

(3)优选的 A617HDC 空气牙轮钻头创造了气

体钻井单只钻头进尺 674.87 m 和单只钻头使用时间 101.88 h 的新纪录。

(4)优选的钻压、转速以及注气排量等设计参数,有效地避免了钻具共振产生的失效风险,解决了地层微量出水的问题,同时还提升了气体携岩效率。

(5)利用气体钻井能有效的提高登娄库组地层机械钻速,缩短钻井周期,比邻井古深 1 井同层位常规钻井平均机械钻速提高了 4.54 倍,缩短钻进周期 43.56 天。

参考文献:

- [1] 王建艳.大庆油田古龙 1 井气体钻井应用实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5):14-16.
- [2] 任杭洲,李翔.松辽地区油气勘探优快钻井技术思路[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(10):15-18.
- [3] 王昌利,刘永贵,杨淑静.大庆徐深 28 井气体钻井实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(8).
- [4] 马金山,牛坤科,王文林.板深 8 井欠平衡钻井实践[J].石油钻采工艺,2000,(7).
- [5] 王广新,赫崇利,叶东清.大庆敖南油田第一口阶梯水平井钻井实践[J].石油钻采工艺,2007,(2).
- [6] 王建艳,刘永贵,艾鑫.大庆油田莺深 2 井钻井设计与实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(9).

新疆伊犁发现一特大型金矿

《中国矿业报》消息(2013-05-30) 新疆地质工作者近日在伊犁新源县发现评价了一处特大型金矿——卡特巴阿苏金矿,预计可提交金资源量 53 t,远景金资源量有望达上百吨,潜在经济价值近 200 亿元。据悉,这是自 1988 年新疆地矿局第一区调大队在伊犁地区发现阿希特大型金矿后取得的又一找矿新突破。

据新疆地矿局总工程师董连慧介绍,卡特巴阿苏金矿作为中天山地区唯一的特大型金矿,与中亚国家众多大型、超大型金矿同处一个成矿区域,成矿条件优越,找矿前景乐观,卡特巴阿苏将成为中国境内“中亚金腰带”的延续。同时,与斑岩有关的构造蚀变岩型找矿开辟了西天山那拉提一带的找矿新方向。

承担该项目的新疆地矿局第一区域地质调查大队队长王春雷告诉记者,新发现的卡特巴阿苏金矿是新疆“358”重点项目之一。早在 2006 年之前,地质工作者就在该区发现了较好的找矿线索。为实现地质找矿的快速突破,争取更多社会资金投入,经新疆地矿局协调,新疆地矿局第一区调大队与海南美盛公司展开携手,联合在该区域进行风险勘探。截至目前,该矿区已投入社会资金近 1.8 亿元。

新疆美盛矿业有限公司总经理傅书舟介绍,矿山将于 2015 年底建成投产,有望实现日处理矿石量 3000 t 的规模,年产黄金 3 万两,产值 5.13 亿元。

据悉,通过进一步工作,该金矿规模还将会扩大,有望跻身超大型金矿之列。

深部杂卤石提钾技术获突破 四川有望增加钾盐资源量百亿吨

《中国国土资源报》消息(2013-06-08) 记者从 6 月 4 日在四川省成都市召开的广安大龙深部杂卤石矿床地质特征与化学采矿技术研究项目成果鉴定会上获悉,该项目历时 4 年取得重大成果,深部化学采矿技术达到国际领先水平。随着应用试验的成功,四川有望增加上百亿吨钾盐资源量,潜在价值 50 余亿元,形成年生产能力 200 万 t 的钾盐生产企业。

2007 年底,乐山市佰瑞德地质矿产应用研究有限公司联合中国地质大学(武汉)、四川大学、中石油、中石化等高校、企业,确立这一项目。耗资 3000 多万元,项目组对四川南充

盐盆广安大龙地区深部中、下三叠统杂卤石矿床地质特征进行了深入研究,计算了研究区域范围内杂卤石氧化钾远景资源量,形成了深部杂卤石矿化学采矿技术,提出了深部杂卤石矿床化学法中试开采方案。

项目初步查明广安大龙矿区杂卤石矿层累积厚度 17.7~63.77 m,埋深 2882~3060 m。根据企业标准,初步估算勘查区 107.96 km² 范围内,杂卤石矿资源总量为 20690 万 t,其中富矿层系资源量为 9427.07 万 t。同时,首次提出深部杂卤石选择性溶钾化学开采方法。